

# 釉薬瓦の透水試験法

山本 紀一      松下 福三      中村 雅光

## Method of Test for Permeability of Glazed Roofing Tiles

by

Kiichi YAMAMOTO, Fukuzo MATSUSHITA  
and Masamitsu NAKAMURA

試作釉薬瓦の透水試験法を検討し、次の結果を得た。

- (1)変水位透水試験の結果、①石綿スレートの JIS A 5403 6.5 透水試験に規定されている方法は、透水性の極めて小さい釉薬瓦には表示が定性的であり適用しにくい。②同法の改良法による透水試験法は製品試験として適用できる。
- (2)定水位透水試験の結果、①施釉品は釉薬の貫入が複雑に影響を及ぼし、水頭(cm)と流量(ml/h, 20℃)は直線関係を示さない。又、透水率は試験体の吸水率に依存性がある。②無釉品の水頭と流量が直線関係を示し、透水率は試験体の吸水率に大きく依存している。③試験の目的や精度を考慮して試料の面積、水頭、測定時間を設定し測定する必要がある。

### 1. まえがき

元来、粘土瓦は耐候性、断熱性、遮音性、通気性など多くの機能特性を持っており、透水性については長い歴史の間でもほとんど問題にならなかったし、これまであまり検討もなされていない。

しかし、最近、施工上からくる漏水性の検討がされるようになり、よりよい品質の粘土瓦製品の開発の一環として、透水試験方法について、しばしば論議されるようになってきた。

そこで、本研究は、釉薬瓦の製品試験用として、石綿スレートの JIS A 5403 6.5 透水試験に規定

されている方法(JIS法)と、同法の一部を改良した方法(改良法)により測定した。

又、物性試験用として定水位法で測定し、透水試験法の基礎資料とすることを目的とした。

### 2. 試験方法

#### 2.1 試験体の作成

板荒地を十分乾燥後、いぶし銀釉薬を施釉し、電気炉を用いて所定の温度(1,040, 1,070, 1,100, 1,140, 1,200℃の5段階)で1時間保持焼成した。得られた試料の物理的性質を表1に示す。

表1 試料の物理的性質

| 焼成温度<br>(℃) | 吸 水 率 (%) |        | 見掛気孔率<br>(%) | 見掛比重 | かさ比重 |
|-------------|-----------|--------|--------------|------|------|
|             | 3時間煮沸     | 24時間吸水 |              |      |      |
| 1,040       | 13.3      | 10.7   | 25.9         | 2.63 | 1.95 |
| 1,070       | 11.3      | 9.0    | 22.7         | 2.62 | 2.02 |
| 1,100       | 9.0       | 6.1    | 18.7         | 2.56 | 2.09 |
| 1,140       | 7.6       | 5.0    | 16.2         | 2.55 | 2.13 |
| 1,200       | 6.4       | 3.5    | 13.8         | 2.52 | 2.17 |

次に、これをボーリングマシンで直径 100 mm で切断したもの（以下、施釉品と言う）と、釉薬を研磨して取り除いたもの（以下、無釉品と言う）を試験体とした。

これは、釉薬瓦は素地部と釉薬部の複合体であり、素地部と釉薬部が透水性に与える影響を検討するためである。

## 2.2 試験装置

### 2.2.1 変水位透水試験装置

石綿スレートの JIS A 5403 6.5 に規定されている透水試験方法の一部を改良した変水位透水試験装置を図 1 に示す。

主要な改良点は次のようである。

- ① 油土の代りにシリコンゴムのパッキングを使用した。
- ② ガラス管の代りにアクリルパイプを使用した。
- ③ パイプに方眼紙を張り付けて水面の変位が読み取れるようにした。

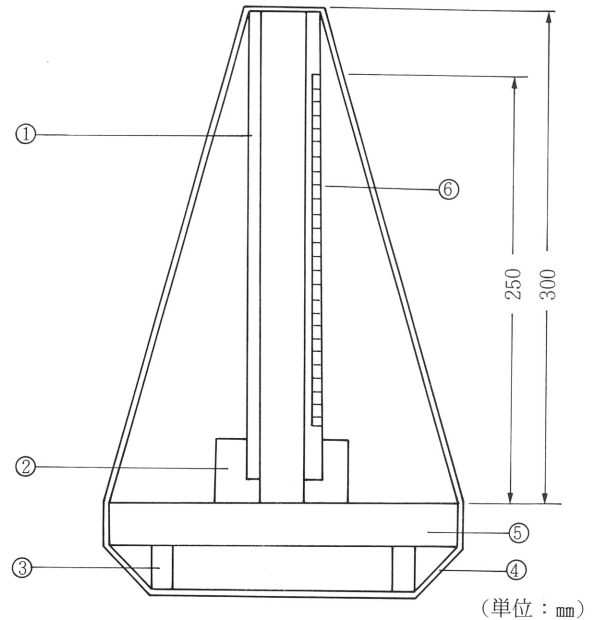


図 1 変水位透水試験装置

- |                  |       |
|------------------|-------|
| ① アクリルパイプ (φ 35) | ④ ゴム輪 |
| ② シリコンパッキング      | ⑤ 試料  |
| ③ アクリルパイプ (φ 80) | ⑥ 方眼紙 |

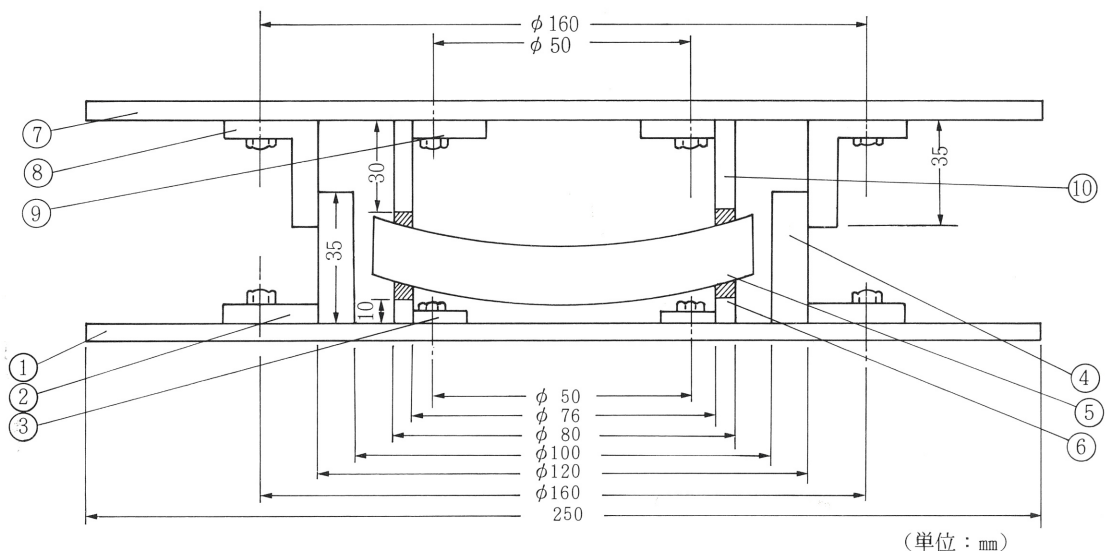


図 2 パッキング作製用型の断面図

- |                 |                 |
|-----------------|-----------------|
| ① 下型板           | ⑥ 内筒 (下型用)      |
| ② 外側ストッパー (下型用) | ⑦ 上型板           |
| ③ 内側ストッパー (下型用) | ⑧ 外側ストッパー (上型用) |
| ④ 外筒 (下型用)      | ⑨ 内側ストッパー (上型用) |
| ⑤ 試験体           | ⑩ 内筒 (上型用)      |

- ④ 「ささえ」の代りにゴム輪でセットして水漏れしないようにした。

### 2.2.2 定水位透水試験装置

#### (1) パッキング作成用型

用いた試験体は板状であるが、一般製品の幅方向の断面は凹状になっており、谷の深さは32~40 mmで、又、厚さも13~16 mmの範囲である。

そこで、板状の試験体と一般製品の両者が共通して使用できるパッキング作成用型を試作した。図2にパッキング作成用型の断面図を示す。図中エッチングを施した部分は、シリコン樹脂が漏れないように各々の釉薬瓦の谷の深さや厚さの変化に合わせて粘土でシールを行うところである。

なお、試験体をセットした後に上型板⑦をはずし、外筒（下型用）④と内筒（上型用）⑩の間に

樹脂を流し込み、外筒（下型用）④の上縁に沿ってへらで仕上げる。

#### (2) 試験体ホルダー

図3に試験体ホルダーの断面図を示す。前記で製作したシリコンパッキング②に試験体③をセットしアクリル製のスリーブ①をはめる。コック④と⑤を付けた上蓋⑥とコック⑨を付けた下蓋⑦をボルト⑧で締めて水漏れを防ぎ、コック④を補水容器に配管する。

#### (3) 透水試験装置

図4に透水試験装置の系統図を示す。酸素ボンベ①から一次減圧弁③と二次減圧弁④で所定の圧力に調節された酸素ガスは補水容器⑥に導入され、その時の圧力は圧力計⑤で測定する。

補水容器を出た水（蒸留水）はコック⑨から試

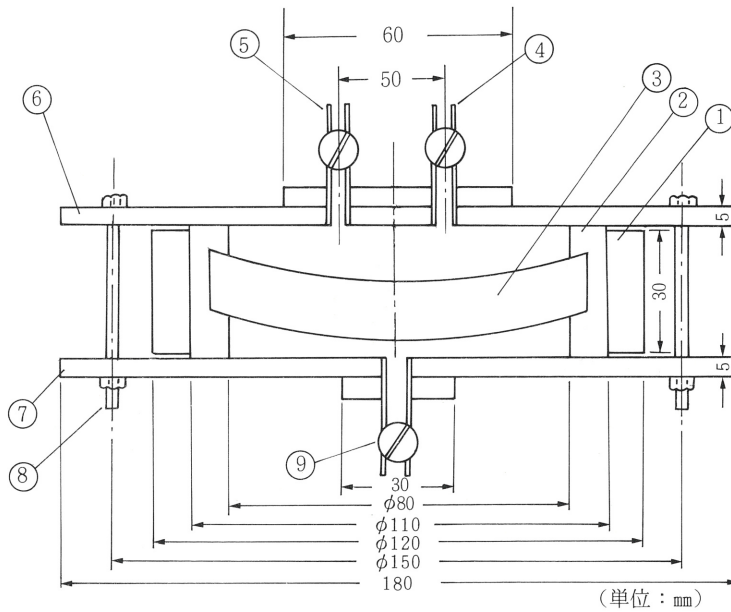


図3 試験体ホルダーの断面図

- |             |       |       |
|-------------|-------|-------|
| ① スリーブ      | ④ コック | ⑦ 下 蓋 |
| ② シリコンパッキング | ⑤ コック | ⑧ ボルト |
| ③ 試験体       | ⑥ 上 蓋 | ⑨ コック |

験体⑫の上面に送られ、試験体を通過した水はコック⑩からビーカー⑪に滴下する。

## 2.3 測定方法

### 2.3.1 変水位透水試験

試験体を乾燥後、変水位透水試験装置に漏水がないようゴム輪でセットする。

試験体上面から水面の高さが250 mm になるまで注水後、方眼紙にマークし、24 時間経過後観察する。

JIS A 5403 6.5 透水試験に規定されている「ぬれ」は観察しにくい「水滴」の有無を観察し JIS 法とした。

また、24 時間経過後の水面を方眼紙にマークし、水面の降下距離を測定し改良法とした。

### 2.3.2 定水位透水試験

操作手順を図4に従って説明する。試験体を蒸留水に浸して3時間以上煮沸して十分に吸水させてから試験体ホルダーにセットし、定水位透水試験装置に取りつける。減圧弁③で3 (kgf/cm<sup>2</sup>) に

減圧後、減圧弁④で所定の圧力(水頭 500, 1000, 1500, 2000 cm の4段階)に調節し保持した。その時の圧力は圧力計⑤で測定した。

補水容器⑥を出た水(蒸留水)はコック⑧とコック⑨を開いた試験体ホルダー上蓋⑦に導かれ試験体上面に注水する。試験体上面の空気が水と置換されたことを確認しコック⑧を閉じる。

次に試験体ホルダーを反転させ、コック⑩から注射器を用いて注水し試験体下面の空気と水を置換後、ビーカー⑪に設置する。

水頭が所定の値に保持されていることを確認・調節しながら次の値を測定し、(1)式で水温 t℃ に対する透水率 K<sub>t</sub> を求めた。<sup>1)</sup>

$$K_t = \frac{L}{H} \cdot \frac{Q}{A \cdot T} \quad (\text{cm} / \text{h}) \quad (1)$$

ここに、

L ; 試験体の厚さ (cm) A ; 試験体の面積 (cm<sup>2</sup>)

H ; 水頭 (cm) T ; 測定時間 (h)

Q ; 透水量 (ml)

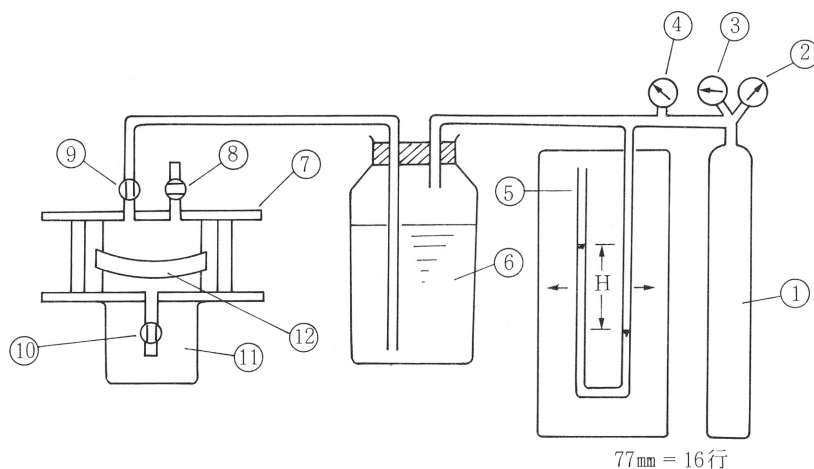


図4 透水試験装置の系統図

- |             |           |        |
|-------------|-----------|--------|
| ① 酸素ボンベ     | ⑤ 圧力計     | ⑨ コック  |
| ② 圧力計       | ⑥ 補水容器    | ⑩ コック  |
| ③ 圧力計 + 減圧弁 | ⑦ 試験体ホルダー | ⑪ ビーカー |
| ④ 減圧弁       | ⑧ コック     | ⑫ 試験体  |

水温の変化に対する透水率の影響を(2)式により補正し、 $K_{20}$ とした。

$$K_{20} = K_t \times (\mu_t / \mu_{20}) \quad (\text{cm/h}) \quad (2)$$

ここに

$K_t$  :  $t^\circ\text{C}$  の水の粘度 (cP)

$\mu_{20}$  :  $20^\circ\text{C}$  の水の粘度 (cP)

### 3. 試験結果及び考察

#### 3.1 変水位透水試験

JIS 法と改良法による試験結果を表 2 に示す。

JIS 法によると、施釉品は吸水率 13.1~6.6% のいずれの試験体も水滴は「無」であった。無釉品は吸水率 12.9, 11.7, 9.8% の試験体の水滴は「有」であり、吸水率 8.1, 6.7% の試験体の水滴は「無」であった。

石綿スレートを対象とした JIS 法は「ぬれ」と「水滴」の有無を観察するという定性的な方法であり、石綿スレートと比較して透水性の小さい釉薬瓦には適用しにくい。

改良法による試験体の吸水率と水面の降下距離の関係を図 5 に示す。

施釉品と無釉品の、両者とも試験体の吸水率が一番大きい試験体を除いて、吸水率と水面の降下距離は比例する。無釉品の透水性は試験体の吸水率に影響を受けるのは当然としても、施釉品が影響を受けているという事は試験体の吸水率と釉薬の性状に関連があるものと考えられる。

#### 3.2 定水位透水試験

##### 3.2.1 施釉品の透水性

各試験体における水頭と流量 (ml/h,  $20^\circ\text{C}$ ) の関係を図 6 に示す。

理論的には、(1)式から水頭と  $Q/T$  の間には直

線関係が存在するはずであるが上に凸の傾向を示している。先にも述べたように、施釉品は素地部と釉薬部の複合体であり、特に釉薬部の貫入の大きさと深さ、その割合などが複雑に影響しているものと思われる。

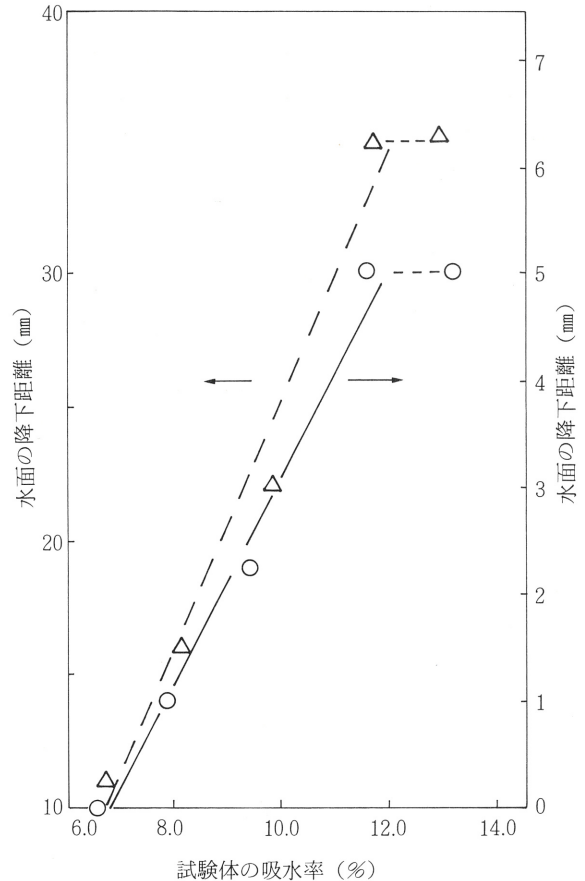


図 5 試験体の吸水率と水面降下距離の関係

—○— 施釉品      —△— 無釉品

表 2 変水位透水試験結果

| 吸 水 率 (%)<br>(3 時間煮沸) |       | J I S 法<br>裏面の水滴の有無 |       | 改 良 法<br>水面の降下距離 (mm) |       |
|-----------------------|-------|---------------------|-------|-----------------------|-------|
| 施 釉 品                 | 無 釉 品 | 施 釉 品               | 無 釉 品 | 施 釉 品                 | 無 釉 品 |
| 13.1                  | 12.9  | 無                   | 有     | 5                     | 36    |
| 11.6                  | 11.7  | 無                   | 有     | 5                     | 35    |
| 9.4                   | 9.8   | 無                   | 有     | 2                     | 22    |
| 7.9                   | 8.1   | 無                   | 無     | 1                     | 16    |
| 6.6                   | 6.7   | 無                   | 無     | 0                     | 11    |

各水頭における吸水率と流量の関係を図7に示す。各水頭とも、右上がりの傾向を示すが、吸水率が11~13%付近で水平となる。釉薬部が複雑な影響を与えているものの、流量は試験体の吸水率に依存していることがわかる。

これらの測定値から、(1)式と(2)式により透水率を求め図8に示す。

各試験体の各々の水頭から求めた透水率はバラツキがあるが、全体の傾向として、試験体の吸水率に対して上に凸を示している。

### 3.2.2 無釉品の透水率

各試験体における水頭と流量 (ml/h, 20℃) の関係を図9に示す。

各試験体とも、水頭と流量の関係は直線で示される。このことから、施釉品の釉薬部が透水性

に複雑な影響を与えていることがわかる。

各水頭における試験体の吸水率と流量の関係を図10に示す。各水頭とも、試験体の吸水率が大きくなるほど指数関数的に流量が多くなる。

これらの測定値から、(1)式と(2)式により透水率を求め図11に示す。

各試験体のそれぞれの水頭から求めた透水率は水頭が大きくなると透水率が大きくなる傾向があるが、その差は小さく、かつ、全体の傾向としては、試験体の吸水率に対して指数関数的に大きくなっている。

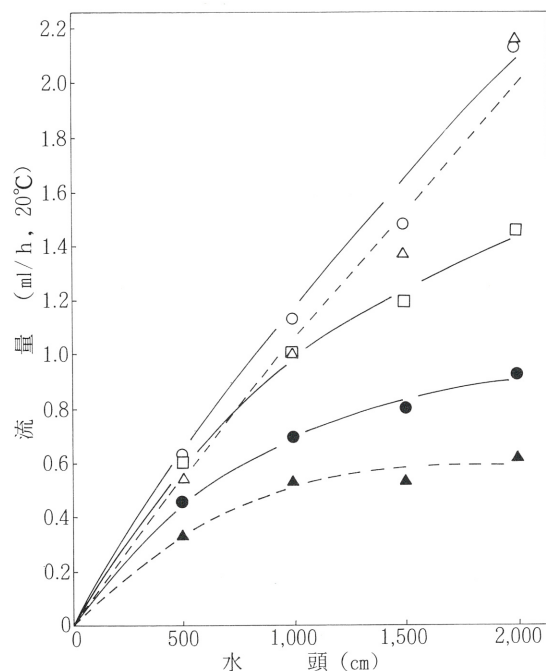


図6 試験体の水頭と流量の関係 (施釉品)

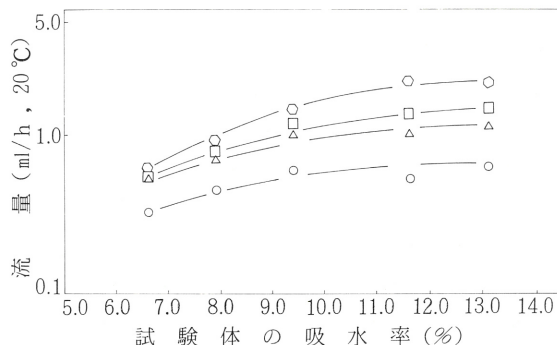
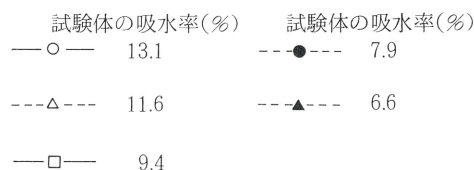


図7 試験体の吸水率と流量の関係 (施釉品)

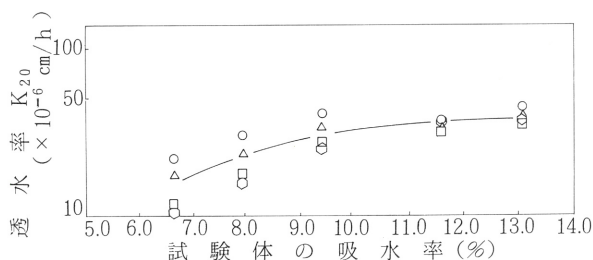
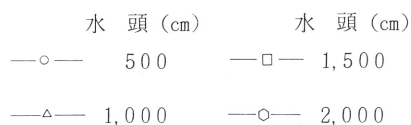
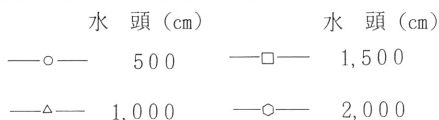


図8 試験体の吸水率と透水率の関係 (施釉品)



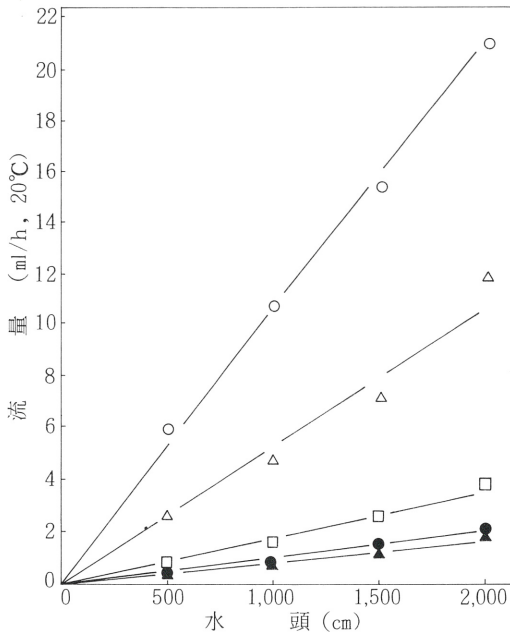


図9 試験体の水頭と流量の関係(無釉品)

| 試験体の吸水率(%)   | 試験体の吸水率(%)  |
|--------------|-------------|
| —○— 12.9     | ---●--- 8.1 |
| ---△--- 11.7 | —▲— 6.7     |
| —□— 9.8      |             |

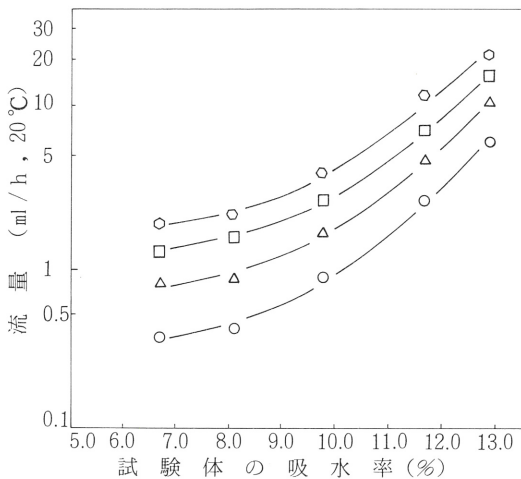


図10 試験体の吸水率と流量の関係(無釉品)

| 水頭 (cm)   | 水頭 (cm)   |
|-----------|-----------|
| —○— 500   | —□— 1,500 |
| —△— 1,000 | —○— 2,000 |

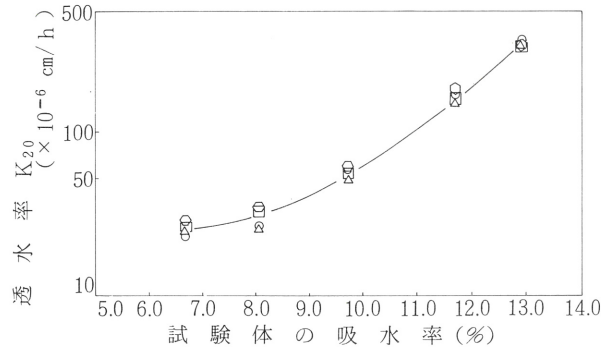


図11 試験体の吸水率と透水率の関係(無釉品)

| 水頭 (cm)   | 水頭 (cm)   |
|-----------|-----------|
| —○— 500   | —□— 1,500 |
| —△— 1,000 | —○— 2,000 |

#### 4. まとめ

釉薬瓦の透水試験法を検討し、次のような結果を得た。

(1) 変水位透水試験として、①石綿スレートの JIS A 5403 6.5 に規定されている透水試験法による方法(JIS法)と、②同法の一部を改良した方法(改良法)による試験を行った。

① JIS法による透水試験は、透水性の極めて小さい釉薬瓦には表示が定性的であり適用しにくい。

②改良法による透水試験法は、製品試験として適用できる。

(2) 定水位透水試験による施釉品は、釉薬の貫入が複雑に影響を及ぼし、水頭(cm)と流量(ml/h, 20°C)は直線関係を示さない。又、透水率は試験体の吸水率に依存性がある。

無釉品は、水頭(cm)と流量(ml/h, 20°C)が直線関係を示し、透水率は試験体の吸水率に大きく依存している。

(3) これらのことから、試験の目的や精度を考慮して、試料の面積、水頭、測定時間を設定し、測定する必要がある。

#### 5. 参考文献

- (1) 土の透水試験法 JIS A 1218